

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ МАРТЕНСИТНЫХ СТАЛЯХ С СОДЕРЖАНИЕМ УГЛЕРОДА ДО 0,29 %.

Закирова М.Г., Гребеньков С.К.

Руководитель – д.т.н., проф., Клейнер Л.М.

Пермский государственный технический университет, г. Пермь

kleyner@pstu.ru

В настоящее время применяемые низкоуглеродистые мартенситные стали (НМС) обеспечивают прочность до 1100 МПа. Дальнейшее повышение прочности достигается увеличением содержания углерода. Однако без изменения комплексного легирования возможно образование бейнита при медленном охлаждении. Наше исследование направленно на изучение устойчивости аустенита НМС с повышенным содержанием углерода до 0,29%

Структура низкоуглеродистого пакетного мартенсита обладает благоприятным сочетанием характеристик прочности, пластичности и вязкости. Реализовывать мартенситное превращение, возможно влияя на термодинамику и на кинетику превращения. Первый способ достаточно дорогой, так как требует введения в состав стали Ni и/или Mn (около 18-25%). Термодинамический подход и используется при создании мартенситостареющих сталей. Известно, что возможно обеспечение превращения по мартенситному механизму путем специального легирования, замедляющего нормальное (диффузионное) и исключая бейнитное превращение. Это достигается повышением энергии активации атомов железа и углерода.

Исследовали НМС с повышенным содержанием углерода (0,17-0,29%): 17X2Г2Н₁, 18X2Г2Н_{2,5}, 17X2Г2Н_{1,5}М_{0,3}, 18X2Г2Н_{1,5}М_{0,6}, 22X2Г2Н_{1,5}М₁, 24X2Г2Н_{1,5}М_{0,5}, 29X2Г2Н_{1,5}М_{0,5}.

Повышение содержания углерода может спровоцировать превращение в промежуточной области с образованием бейнитной структуры и, следовательно, привести к повышению критической температуры хрупкости. В связи с этим были проведены исследования устойчивости аустенита в области нормального и предполагаемого бейнитного превращений при изотермическом охлаждении.

В результате проведенных исследований выявлено, что наименее легированная сталь, не содержащая карбидообразующих элементов, 17X2Г2Н₁ обладает достаточной устойчивостью аустенита (при температуре 640⁰С $\tau_{инк}$ =10 мин) в интервале температур 630-650 °С, поэтому применение её возможно в изделиях сечением до 160 мм. С увеличением содержания никеля до Ni 2,5 % устойчивость в области нормального превращения не менее 3 часов. Превращение в предполагаемой области температур бейнитного превращения – отсутствует, температура Mn повышается до 430⁰С.

Одновременное легирование никелем (при содержании Ni 1,5 %) и молибденом позволяет увеличить устойчивость аустенита и способствует

уменьшению склонность стали к отпускной хрупкости. Рост содержания углерода (от 0,18% до 0,24%) в выбранной системе легирования X2Г2НМ_{0,5}, не приводит к распаду аустенита в областях температур нормального и предполагаемого бейнитного превращений в течении трех часов. В стали 29Х2Г2Н_{1,5}М_{0,5} в области температур 660-620⁰С диффузионное $\gamma - \alpha$ превращение отсутствует, а в области температур 370-390⁰С бейнитное превращение началось по истечению 4 минут от начала эксперимента. В результате чего после закалки заготовок диаметром больше 60 мм в структуре образуется бейнит, что может повысить критическую температуру хрупкости.

Анализ анизометрических, дюрометрических, рентгеноструктурных и микроструктурных данных позволил выбрать рациональную температуру закалки НМС с повышенным содержанием углерода. Температура закалки составляет 980 ⁰С обеспечивает получение гомогенного твердого раствора и не приводит к существенному росту зерна. Закалка всех исследуемых сталей с охлаждением на воздухе обеспечивала получение структуры пакетного мартенсита, остаточный аустенит отсутствует.

Повышение содержания углерода с 0,17% до 0,24% сталей выбранной системы легирования (X2Г2НМ_{0,5}) обеспечивает рост предела прочности с 1385 МПа до 1620 МПа, при достаточно высоких характеристиках пластичности и вязкости: $\psi=50-55\%$, $\delta=13-15\%$, $KCU > 1,2-1,5$ МДж/м²

Отпускная хрупкость в исследуемых сталях проявляется в интервале температур 450 – 550⁰С. Введение в сталь молибдена до 1% снижает склонность к отпускной хрупкости, по сравнению со сталью без молибдена. О наличии отпускной хрупкости судили по величине характеристики относительного сужения и по образованию «розетки» на разрывных образцах, прочность не снижается при отпуске до 300 ⁰С.

Анализ полученных результатов позволил сделать следующие выводы: 1) увеличение содержания углерода позволяет повысить уровень прочности до 1600 МПа, при сохранении достаточно высоких характеристик пластичности $\delta > 10\%$, $\psi > 50\%$. 2) Найденная система легирования X2Г2НМ_{0,5} позволяет увеличить устойчивость аустенита до трех часов без использования сильных карбидообразующих элементов (V, Nb, Ti), и закалывать охлаждением на спокойном воздухе.